

開削トンネルの周辺埋戻し土の剛性による動的解析結果への影響について

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○阿部真之介
長岡工業高等専門学校 正会員 岩波 基
ネクスコ・メンテナンス新潟 非会員 西 信衛

1. はじめに

現在、我が国では開削トンネルなどの構造物の埋戻しに流動化処理土が広く用いられている。また、土留め壁も土中に残置されたままの施工事例も少なくない。しかし、現在の解析ではそれらの存在が考慮されず、解析が行われており、どのような影響があるのかも明らかになっていない。そこで本検討はそれらの要素が地中構造物にどのような影響を与えるかを検討したものである。

2. 解析条件

2.1 解析ケース

本検討では、トンネル構築時に開削する領域の埋戻し土を考慮したケースと埋戻し土および土留め壁を考慮したケースについて、鉄道構造物等設計標準示方書・同解説、耐震設計において設計用地震波として規定されているレベル2地震動を作用させて解析を行った。さらに、埋戻し土を考慮したケースと埋戻し土および土留め壁を考慮したケースのそれぞれで、埋戻し土とした場合と流動化処理土とした場合を設定し、計4ケースの解析をおこなった。

2.2 解析対象構造物の概要

解析対象は、RC 水平2連 BOX カルバートで、内空が 4.7m×4.7m、部材厚は側壁・隔壁・頂版・底版いずれも 0.5m とした。また、BOX カルバートの土被りは 5m とし、構造物底版の下には 300mm の均しコンクリートも評価した。そして、仮設用の土留め壁を考慮する場合にはトンネルの側壁から 900mm 離れた位置に土留め壁があるものと仮定した。土留め壁は SMW とし、ソイルセメント部分の剛性は無視し、芯材である H 鋼の剛性のみを考慮した。

2.3 地盤条件

表-1 地盤の物性値と修正 RO モデルのパラメータ

地層	Lm	Ds	Km	埋戻し土	流動化処理土
土質	粘性土	砂質土	粘性土	砂質土	粘性土
せん断剛性(kN/m2)	25000	64000	325000	14000	28000
単位体積重量(kN/m3)	15.0	19.8	19.0	19.0	19.0
基準せん断ひずみ(%)	0.0832	0.0229	6.4570	0.0513	6.500
最大減衰定数hmax	0.25	0.27	0.28	0.24	0.28

基盤よりも上の表層地盤は、横浜市神奈川区羽沢町付近のデータを参考に 3 層から構成されるものとした。各層の地盤物性値を表-1 に示す。ここで、修正 RO モデルのパラメータは、地盤の動的変形試験から求められるせん断剛性と減衰定数のせん断ひずみ依存性にフィッティングすることで求めた。流動化処理土の性質は配合により大きく変えることが可能であるが今回の検討では一軸圧縮強度が 800 k N/m² 程度の土として評価した。

今回の検討では、すべての解析ケースにおいて同様の地盤条件で解析を行った。

2.4 解析モデル

解析モデルを図-1 に示す。水平方向の解析領域は、BOX カルバート幅の約 10 倍とし、深さ方向は基盤層上面の GL-50m までをモデル化した。境界条件は、側方の境界を鉛直方向に拘束して水平方向にはローラーとし、底面境界を粘性境界とした。

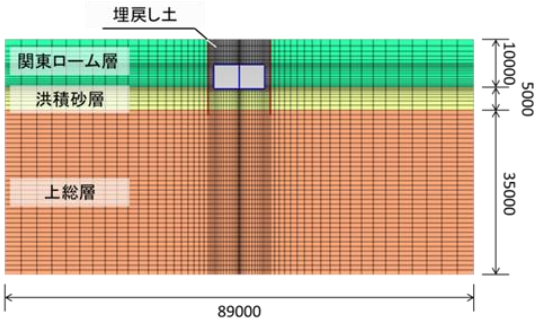


図-1 解析モデル

キーワード 開削トンネル, 埋戻し土, 土留め壁

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9276

3. 解析結果

3.1 埋戻し土を考慮したケース

埋戻し土のみを考慮したケースと埋戻し土および土留め壁を考慮したケースのすべてにレベル 2 地震動を入力した場合の外壁に発生した曲げモーメントの最大値および最大相対水平変位, 初降伏変位に対する倍率を表-2 に示す. なお, 今回の解析で設定した躯体断面の初降伏変位は 29.3 mm で, 終局変位は 172.3 mm である. また, ここに示した相対水平変位の値は地震力によって発生した躯体の回転を修正した変位について検討を行った.

埋戻し土のみを考慮したケースにおいて, 最大曲げモーメント値は従来の埋戻し土の $-803.8\text{kN}\cdot\text{m}$ という応答値に対し流動化処理土の方がおよそ 5% 小さな $-765.6\text{kN}\cdot\text{m}$ となった. 埋戻し土および土留め壁を考慮したケースにおいては, 従来の砂質土で埋め戻すと最大曲げモーメントが $-906.8\text{kN}\cdot\text{m}$ となるのに対して流動化処理土を使った場合には $-1125.8\text{kN}\cdot\text{m}$ となり 24% も大きくなった. 土留め壁が存置された場合と撤去された場合では, 埋戻し材料の違いによる最大曲げモーメントの大小関係が入れ替わることが分かる. また, 土留め壁がなく流動化処

理土で埋め戻しをした場合と, 埋戻し土および土留め壁を考慮して流動化処理土を用いた場合

表-2 L2 地震動入力時の最大曲げモーメントおよび最大相対水平変位

ケース		最大曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}$)	最大曲げモーメント発生位置	最大相対水平変位(mm)	初降伏変位に対する倍率
埋戻し土のみ	埋戻し土	-803.8	右側壁 下	-46.0	1.57
	流動化処理土	-765.6	右側壁 下	-39.4	1.34
埋戻し土および土留め壁	埋戻し土	-906.8	右側壁 下	-75.3	2.57
	流動化処理土	-1125.8	右側壁 下	-81.8	2.79

を比べると前者に対して後者の最大曲げモーメントが約 47% 大きい結果となった. 図-2 に全てのケースのボックスカルバート右側壁の相対水平変位を示す. 埋戻し土のみを考慮したケースでは, 土留め壁による拘束効果がないため, BOX カルバートの剛性が大きいと地盤に追従せずに相対変位が小さくなったと考える. 埋戻し土および土留め壁を考慮した場合の相対水平変位は, 埋戻し土のみのケースに比べおよそ 2 倍程度大きくなった. これは, 土留め壁が長いと地盤と同様の変位を生じ, さらに BOX カルバートが土留め壁に拘束されて相対変位が大きくなったと考えられる. そのため, 初降伏変位に対する倍率は埋戻し土のみを考慮した場合は 1.34~1.57 に収まっているが, 埋戻し土および土留め壁を考慮した場合は 2.57~2.79 となっており埋戻し土のみのケースと比べても 2 倍近い値となっている.

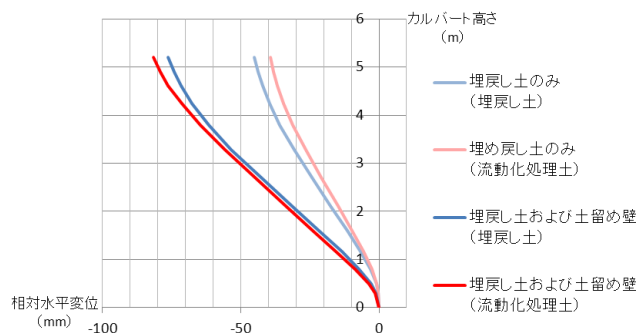


図-2 BOX カルバート側壁の相対水平変位

4. おわりに

今回の解析では, 関東ローム Lm 中に開削トンネルを構築した場合の埋戻し土および土留め壁を考慮した場合について埋戻し材料を変えたことによる影響について検討を行った. その結果, 土留め壁を撤去してある場合には埋戻し土の剛性による解析結果への影響は小さい. しかし, 土留め壁が残置されている場合には, 砂質土よりも剛性の高い流動化処理土を用いると曲げモーメントも相対変位も大きくなり, 特に最大曲げモーメントは増加することが分かった. したがって, 土留め壁を存置して, さらに剛性の大きな流動化処理土で埋め戻しを行う場合には耐震設計において注意が必要であると考えられる.

【参考文献】

- 1) 鉄道総合研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, pp37-38, 1999